

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(à utiliser que pour
le classement et les
commandes de reproduction)

2.072.874

(21) N° d'enregistrement national

(à utiliser pour les paiements d'annuités,
les demandes de copies officielles et toutes
autres correspondances avec l'INPI)

70.43571

(15) BREVET D'INVENTION

PREMIÈRE ET UNIQUE
PUBLICATION

(22) Date de dépôt..... 3 décembre 1970, à 17 h.
Date de la décision de délivrance..... 30 août 1971.
Publication de la délivrance..... B.O.P.I. — «Listes» n. 38 du 24-9-1971.

(51) Classification internationale (Int. Cl.)... G 01 n 15/00//G 06 m 11/00.

(71) Déposant : Société dite : PROCEDYNE CORPORATION, résidant aux États-Unis
d'Amérique.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Simonnot, Rinuy, Santarelli.

(54) Appareil et procédé d'analyse de particules matérielles.

(72) Invention de :

(33) (32) (31) Priorité conventionnelle : *Demande de brevet déposée aux États-Unis d'Amérique le
4 décembre 1969, n. 881.951 aux noms de Robert Staffin, Roy Ricci et Ronald
J. Juels.*

La présente invention concerne l'analyse de particules de formes identiques ou différentes dans un milieu circulant continuellement, c'est-à-dire le comptage des particules et leur classement en groupes de plages ou gammes de dimensions choisies. On connaît un grand nombre de procédés d'analyse des dimensions des particules, y compris le calibrage automatique, ainsi que d'ensembles électro-niques complexes destinés à balayer des photomicrographies de nappes de particules. Par exemple, C.E. Lapple a décrit dans Chemical Engineering du 20 mai 1968 les procédés d'analyse des dimensions actuellement en usage et les ouvrages de G. Herdon, "Small Particle Statistics", 2me Ed., Chapitre 19, Academic Press, New-York, (1960) et de R.R. Irani et C.F. Callis, "Particle Size : Measurement, Interpretation and Application", Wiley, New-York, (1963), contiennent une revue détaillée des procédés de calibrage automatique.

Il est évident, d'après une étude des instruments de mesure des dimensions des particules existant actuellement qu'on s'est principalement intéressé à l'étude et à la réalisation d'instruments de laboratoire pour l'analyse d'échantillons séparés de gaz ou liquides contenant des particules. Cependant, il existe, pour de nombreuses opérations industrielles, une demande très réelle d'instruments de mesure capables de contrôler en continu et en temps réel la répartition des dimensions des particules dans des suspensions liquides semi-transparentes, avec des débits atteignant 20 à 40 l/mn environ. La question du classement des particules dans les mélanges liquides contenant des particules présente un grand intérêt pour la purification des minerais, le traitement des aliments, l'étude de la sédimentation, l'analyse des suspensions et des boues, etc.

L'appareil décrit ci-après, destiné à contrôler de manière continue la distribution des dimensions des particules est un dispositif électro-optique comportant une technique d'exploration par spot mobile dans laquelle on balaie suivant deux dimensions une nappe de particules mobiles. Le balayage horizontal est réalisé de préférence par un faisceau laser concentré associé à un miroir oscillant, avec un système optique destiné à réduire encore la section transversale du faisceau laser t, par conséquent, à

augmenter le pouvoir résolvant du dispositif en ce qui concerne les dimensions des particules. Le balayage vertical est obtenu par le déplacement du fluide à travers une chambre d'échantillonnage transparente à travers laquelle passe le faisceau effectuant un
5 balayage horizontal.

Après avoir traversé le liquide, ce faisceau arrive sur une photodiode sensible à faible constante de temps ou sur un détecteur photoélectrique équivalent. Les particules interceptant le faisceau interrompent de manière apériodique le flux lumineux
10 atteignant le détecteur photoélectrique, engendrant ainsi un signal apériodique contenant l'information indiquant les dimensions et la répartition des particules. Le courant échantillonné est renvoyé, sans avoir été modifié, dans le cycle de fabrication après avoir traversé la chambre d'échantillonnage.

15 Ce signal est traité par des circuits à faible bruit et à gain élevé, dans lesquels l'information concernant les dimensions et la répartition des particules est extraite sous forme d'un train d'impulsions d'amplitude constante et de durée variable, la durée de l'impulsion étant ainsi l'analogue de la dimension de la particule. Des circuits logiques numériques, à savoir un compteur
20 numérique, sont utilisés pour compter les impulsions de durée correspondant à des plages de valeurs prédéterminées et pour mémoriser (ou emmagasiner) les divers totaux dans des registres. Le nombre de plages et l'étendue de chacune ainsi que le procédé de
25 lecture sont déterminés en fonction de l'application particulière envisagée.

Les difficultés d'ordre général habituellement associées à l'analyse automatique des ensembles de particules, fondée sur des procédés d'exploration électrooptique, ont été passées en revue
30 dans la littérature, par exemple dans l'article de M.A. Fisher et autres "Instrumental Methods of Particle Counting and Size Measurement," Proceedings of the 11th Industrial Waste Conference, Illinois Institute of Technology (1957). Les erreurs citées le plus souvent sont les erreurs dues aux coïncidences, les erreurs
35 dues à l'effet de bord, les erreurs de facteur de forme et les erreurs attribuables au bruit et aux limitations de la largeur de bande des circuits électroniques.

Les erreurs dues aux coïncidences sont dues aux circonstances ci-après : a) les particules sont comptées plus d'une fois ; b) les particules sont masquées par d'autres particules, ou c) le spot d'exploration est plus large que certaines particules dans la nappe fluide, si bien que plusieurs particules masquent simultanément le spot.

Les erreurs dues à l'effet de bord se manifestent lorsque des particules sont atteintes par le faisceau de balayage à proximité des limites de la zone balayée, ou quand des particules ne sont balayées que sur une partie de leur largeur, donnant ainsi naissance à un signal qui n'est pas directement en corrélation avec la dimension moyenne de la particule.

Le facteur de forme introduit des erreurs du fait que des particules non sphériques peuvent être balayées le long d'un segment dont la longueur est fonction de l'orientation de la particule dans la nappe balayée.

La présente invention a pour but de remédier à ces erreurs au moyen d'un spot de dimensions limitées par la diffraction et en tirant profit de la nature statistique des problèmes à résoudre.

L'échantillonnage de la matière fluide en mouvement, à savoir un liquide ou un gaz, contenant des particules en suspension, est continu, ce qui signifie qu'on fait passer une partie du liquide ou du gaz analysé à travers une chambre de section transversale constante prédéterminée sur une distance prédéterminée, ladite chambre comportant des parois latérales transparentes se faisant face. Le débit du fluide est ajustable afin qu'il soit adapté aux conditions particulières rencontrées et il est réglé à la valeur ainsi déterminée. Dans une application type, par exemple dans le cas d'une suspension semi-transparente dans un liquide, sa vitesse est voisine de 3 m/s (3 microns par microseconde) quand le débit nominal est de 30 l/mn. Un type fondamental, et utilisable industriellement, de l'appareil doit admettre des particules de dimensions comprises entre 5 et 2000 microns^{et}/dont la concentration dans le liquide correspond à environ 10^2 à 10^7 particules par ml, suivant leur densité et leurs dimensions limites. Le courant est introduit dans la chambre de mesure par un raccord constituant une transition géométrique entre la conduite d'entrée et la chambre proprement dite. Ceci assure

une répartition aléatoire des dimensions et des orientations des particules dans la zone balayée par le spot. Etant donné que pour des particules de dimensions inférieures ou égales à 2000 microns, de densité inférieure ou égale à 4, leur vitesse limite dans l'eau, déterminée par la formule de Stokes, est d'environ 3 m/s, aucun dépôt appréciable ne doit se produire dans la chambre si sa dimension verticale ne dépasse pas environ 18 cm. Dans ces conditions, l'erreur de facteur de forme pour des particules non sphériques est réduite par l'effet de moyenne statistique qui est la conséquence d'un balayage le long d'un segment ou d'un diamètre de dimension aléatoire.

Le spot d'exploration est obtenu à partir d'un faisceau lumineux, émis par un laser ou une autre source de lumière, par exemple à partir de la lumière verte du thallium ou de la lumière ultra-violettes, qui est concentrée de manière à former un spot de dimensions définies par un disque d'Airy (taux de diffraction) de diamètre voisin de 10 microns. Le présent exemple se rapporte à un laser. La fréquence de balayage suivant l'axe horizontal est de 1000 Hz (+ 1 %) dans l'ensemble donné comme exemple.

Pour la mise en oeuvre de la présente invention, le faisceau est animé d'un mouvement de balayage par un miroir fixé à un diapason à vibrations entretenues, et dont l'angle d'oscillation est voisin de 6°. Un tel dispositif est sûr et très bon marché. Bien que ce balayage ne soit pas utilisable, par inhérence, sur toute sa longueur, on se sert d'une partie choisie, sensiblement linéaire, de chaque cycle.

Etant donné que seules les particules de dimensions inférieures à 10 microns peuvent contribuer aux erreurs par coïncidence dans le plan focal du spot et que la limite inférieure des dimensions des particules mises en évidence par l'appareil est de 5 microns ou moins, par exemple 5 microns dans le présent exemple, les erreurs associées au balayage simultané de plusieurs particules dans le plan focal sont pratiquement éliminées. Il va de soi qu'on utilise seulement une partie de l'amplitude totale du balayage pour le comptage, afin de réduire les difficultés dues à la non-linéarité, propres à un balayage sinusoïdal. Avec un débit nominal de 301/mn et les conditions de balayage indiquées, on peut montrer que la

probabilité d'un balayage unique de particules d'environ 4000 microns de diamètre moyen est de 1, et que la probabilité d'un balayage de particules plus petites diminue en même temps que leurs dimensions. Ces facteurs entrent en ligne de compte pour la réduction des erreurs de coïncidence dans le plan focal.

Après avoir traversé la chambre d'échantillonnage, le faisceau atteint un détecteur photoélectrique et le signal provenant de celui-ci est appliqué à un amplificateur sélectif en fréquence, qui est destiné à différencier les signaux et à limiter leur bande.

- 10 Le signal de sortie de cet amplificateur est appliqué à des détecteurs de niveau positif et négatif du type à réaction et qui comportent un ajustement du niveau et de la constante de temps pour réaliser un compromis optimal entre la sensibilité et l'élimination des parasites. L'action combinée de l'amplificateur et des détecteurs a pour conséquence une réduction de la profondeur de champ de la colonne de liquide explorée et l'émission d'un train d'impulsions correspondant aux fronts avant et arrière des particules balayées. Les impulsions ainsi engendrées sont converties en impulsions en crénaux ou rectangulaires ayant une durée en corrélation avec les dimensions et les positions relatives de diverses particules. Les impulsions résultantes constituent les signaux d'entrée des circuits logiques qui convertissent l'information contenue dans ces impulsions en une forme qui est fonction de l'application particulière envisagée. Par exemple, ces circuits logiques comportent des portes et des registres qui peuvent recevoir des impulsions ayant des durées comprises entre des limites prédéterminées.

- Comme indiqué ci-dessus, la longueur totale du balayage n'est utilisée qu'en partie, par exemple $1/3$, pour le comptage. Cette utilisation sélective est obtenue à l'aide de circuits de sélection et de comptage au moyen d'un signal de synchronisation provenant de l'analyseur (par balayage). Les erreurs dues à l'effet de bord sont totalement éliminées en faisant fluctuer la partie utilisable du balayage de manière à majorer l'amplitude du balayage pour tous les cycles. Conformément à ce qui précède, les circuits de comptage ne sont pas mis hors d'action avant que le spot n'ait traversé une particule à la fin d'un intervalle de balayage. Pour un diamètre maximal des particules de 2000 microns, la durée du balayage est

modulée d'environ 40 microsecondes, ce qui représente une fraction relativement faible de la durée totale préférée de la fraction utilisable du balayage, à savoir 333 microsecondes.

Les erreurs attribuables aux parasites et aux limitations de la largeur de la bande sont réduites à un minimum compatible avec les paramètres de réalisation du détecteur photoélectrique et des circuits.

Il va de soi que la nature tridimensionnelle de l'échantillon occasionne inévitablement des erreurs. Du point de vue pratique, il est en fait impossible d'établir une relation mathématique entre le signal provenant du détecteur photoélectrique et la distribution des dimensions des particules. Cependant, pour un ensemble particulaire déterminé correspondant à une opération physique donnée, les propriétés statistiques des signaux pour un groupe donné de conditions d'échantillonnage doivent être en corrélation avec les propriétés statistiques de la distribution des dimensions des particules. Cette corrélation a été étudiée et, comme on l'indique ci-après, des relations empiriques ont été établies et indiquent que la technique décrite ci-après convient bien pour le contrôle des distributions des particules dans des opérations physiques.

La figure 1 est un schéma fonctionnel représentant les éléments d'une forme de réalisation préférée de l'invention ;

la figure 2 représente schématiquement la relation entre le balayage et les particules mobiles ;

la figure 3 représente plus ou moins schématiquement une forme de réalisation préférée d'une chambre d'échantillonnage ;

la figure 4 représente schématiquement le signal de sortie du détecteur photoélectrique ainsi que les parties de ce signal sélectionnées pour être utilisées ; et

la figure 5 est un schéma fonctionnel de tout l'ensemble.

La figure 1 représente un laser approprié, par exemple un laser à gaz hélium-néon, émettant un faisceau collimaté, monochromatique et cohérent de lumière. Une lumière monochromatique augmente considérablement la netteté des images et les possibilités de concentration d'optiques relativement courantes.

On sait qu'un faisceau laser présente l'avantage de donner naissance à un spot de grande intensité, de dimensions très réduites,

tout en utilisant des systèmes optiques comportant relativement peu d'éléments, ce qui permet par conséquent d'utiliser des détecteurs photoélectriques à semi-conducteurs de faible sensibilité et ultra-rapides. D'autres sources de lumière utilisables sont les lampes
5 de grande intensité au thallium et à décharge gazeuse, avec une bande de longueurs d'ondes réduite de manière appropriée par filtrage. Le faisceau laser est étalé et transmis à travers une ouverture de manière à obtenir un faisceau 11 sensiblement uniforme de 18 mm de diamètre. Ce faisceau est ensuite concentré par une lentille unique
10 12 de 120 mm de foyer en un spot 14 dont le diamètre est pratiquement défini par la diffraction et qui correspond à un disque d'Airy de diamètre voisin de 10 microns. Le degré de monochromaticité nécessaire pour obtenir un spot d'aussi petites dimensions est imposé principalement par l'augmentation des dimensions du spot provoquée par
15 l'aberration chromatique de l'optique. Des recherches ont démontré qu'il est moins coûteux de filtrer une source classique et d'utiliser une optique simple, courante, que d'utiliser des combinaisons de lentilles achromatiques de haute qualité.

Le faisceau 14 arrive sur un miroir 15 qui est fixé sur un diapason 16 à ondes entretenues étudié de manière à faire osciller le
20 faisceau 17 avec une amplitude angulaire d'environ 6° dans un plan horizontal. La fréquence de 1000 Hz d'entretien du diapason est obtenue par un oscillateur approprié, non représenté. Des diapasons de ce genre sont décrits par Dostal dans International Electronics,
25 Mars 1966, pages 1-6. La fréquence de balayage est choisie de manière à couper un grand nombre de fois la nappe de particules. Les paramètres du présent exemple sont choisis de manière à engendrer un balayage d'amplitude 3,2 cm dans le plan de balayage. Avec la disposition ci-dessus, la vitesse maximale V_B de balayage horizontal
30 au milieu de la course de balayage est donnée par :

$$V_B = 1,6 \omega \text{ (cm/s)} = 1,6 \times 2 \pi \times 1000 \text{ (cm/s)} \simeq 10 \cdot 10^3 \text{ cm/s} \\ = 100 \text{ microns par microseconde.}$$

Dans ces conditions, lorsque le spot est intercepté par des particules de dimensions supérieures à 10 microns dans le plan focal,
35 il est supprimé pendant environ 100 ns. Les particules de dimensions inférieures à 10 microns ne peuvent intercepter qu'une partie du faisceau, engendrant ainsi des impulsions d'amplitude plus faible

avec des temps de montée plus courts que les particules plus grosses. La proportion dans laquelle des particules plus petites sont détectables par la technique décrite ci-dessus est limitée principalement par les caractéristiques de sensibilité et de bruit du détecteur photoélectrique. Cependant, la limite inférieure demandée de 5 microns ou même moins est bien dans les possibilités du détecteur photoélectrique.

L'ensemble A de balayage et d'échantillonnage de la figure 1 comporte de plus un analyseur 18.

10 L'ensemble B ou appareillage électronique de la figure 1 comporte également un dispositif de synchronisation 1', des circuits logiques et de mémoire 2' et un dispositif de lecture 3'.

La figure 2 représente la relation entre le point d'exploration et les particules mobiles. Pour faire comprendre convenablement 15 cette relation, compte tenu du fait que la représentation obtenue par un dessin est statique, les particules sont représentées immobiles tandis que le faisceau est représenté sous forme d'une série de zigzags. Comme indiqué ci-dessus, le balayage est réalisé dans un plan horizontal tandis que l'échantillon se déplace verticalement.

20 Les références 4', 5' et 6' désignent respectivement le spot d'exploration, la rappe de particules et la direction d'écoulement de l'échantillon.

Le faisceau de balayage 17 traverse une chambre d'échantillonnage 21 (figure 3) décrite en détail plus loin et est détecté par 25 une photodiode 23 rectangulaire au silicium du type PIN ou un autre élément photoélectrique. La photodiode employée dans cet exemple a un temps de réponse de l'ordre de 10 ns, une puissance équivalente de bruit (PEB) faible de 10^{-14} W et une sensibilité de 0,5 microampère par microwatt. Ces caractéristiques de temps de réponse 30 et de bruit sont bien adaptées à la présente application et la faible sensibilité indiquée est suffisamment compensée par l'utilisation d'un laser à grande intensité comme source de lumière. La tension de sortie du détecteur est transmise à un sous-ensemble de traitement des signaux par un amplificateur séparateur 101 et 101A 35 décrit ci-après. Un facteur important concernant le choix du détecteur photoélectrique est son temps de montée qui doit être faible (inférieur à 10 ns) de manière que les fronts avant et arrière des

impulsions de 100 ns associées aux petites particules soient convenablement détectés.

A l'heure actuelle, ces conditions conduisent à des dispositifs photosensibles à semi-conducteurs et à des tubes photomultiplicateurs. Les dispositifs à semi-conducteurs présentent des avantages évidents du point de vue réalisation des circuits.

La chambre d'échantillonnage 21 de l'exemple, représentée assez schématiquement et en perspective sur la figure 3, est prévue pour un débit de 38 l/mn de la suspension, de manière à obtenir une distribution non modifiée des particules dans un volume d'examen de section transversale 6,35 x 51 mm avec un trajet optique de 3,2 mm de long. Pour le débit indiqué, toutes les particules se déplacent à travers le volume d'examen à une vitesse d'environ 2 microns par microseconde, ce qui est nettement inférieur à la vitesse de balayage horizontal et bien supérieur à la vitesse limite indiquée par la loi de Stokes pour toutes les particules considérées.

Une caractéristique importante de cette chambre d'échantillonnage est l'écoulement de l'échantillon sous forme d'une nappe mince. De cette manière, si le faisceau est mis au point sensiblement dans le plan médian de ladite chambre, lequel est perpendiculaire à l'axe du faisceau, l'ensemble des particules se déplace à proximité du plan focal et est détecté avec un rendement optimal.

Le résultat de la combinaison du mouvement du liquide et du balayage horizontal est une analyse totale de la nappe de particules avec un rapport "vitesse de balayage horizontal/vitesse de balayage vertical" égal à 25/1. Cette technique permet d'intercepter une fois le spot par toutes les particules de 1000 microns à proximité du centre du plan focal. La probabilité d'au moins une interception par des particules plus petites diminue en même temps que la dimension desdites particules.

Les raccords d'entrée et de sortie de la chambre d'échantillonnage et la forme des extrémités de cette chambre sont destinés à réaliser une transition entre le tube cylindrique et le volume parallélépipédique de cette chambre, de manière à réaliser une dispersion uniforme, indépendante des dimensions, et à provoquer une agitation suffisante desdites particules pour tenir compte statistiquement du "facteur de forme" des particules non sphériques.

En peu de mots, la partie électronique de l'ensemble remplit les fonctions ci-après :

1. Acquisition d'informations pendant la partie linéaire du balayage.

5 2. Discrimination entre les particules dans le plan focal et celles en dehors de ce plan.

3. Distinction entre les durées (en temps) des impulsions et classement desdites impulsions.

10 4. Mémorisation des impulsions de chaque catégorie dans des registres-mémoire pour une lecture ultérieure.

La courbe de la figure 4 représente environ 1,5 période de balayage dont l'amplitude $X(t)$ (amplitude de balayage) est portée en ordonnées. La partie quasi-linéaire de chaque période correspondant à l'intervalle $\pm 30^\circ$ de la sinusoïde est extraite par une porte de
15 la manière décrite ci-après. Dans la région 7 sélectionnée du présent exemple, la vitesse de balayage est sensiblement constante et voisine de 100 microns par microseconde.

Dans l'ensemble décrit à titre d'exemple, ces fonctions sont remplies de la manière suivante :

20 Le signal provenant du détecteur photoélectrique 23 est appliqué à un amplificateur 101 et 101a sélectif en fréquence et à deux étages qui établit une discrimination entre les impulsions en ce qui concerne leur amplitude et leur bande de fréquences. Les impulsions qui satisfont à des conditions prédéterminées d'amplitude et de fré-
25 quence sont reconstituées tandis que les impulsions qui ne satisfont pas à ces conditions sont négligées. Chacun des amplificateurs 101 et 101a comporte une commande permettant de faire varier le gain entre 100 et 1000. Ceci permet de faire fonctionner les amplifica-
30 teurs selon un mode linéaire dans une plage étendue de valeurs d'entrée. Le signal de sortie du deuxième étage est appliqué à des détecteurs de niveau positif et négatif et à un circuit de sélection formateur d'impulsions 103.

Quand le front avant d'une impulsion correspondant à une particule est détecté et capté, des moyens nécessaires sont prévus pour empê-
35 cher les impulsions provenant des particules voisines de déclencher la "chaîne de guichets" sur le registre de comptage et/ou de s'emboîter dans un guichet. Dans le cas présent, l'emboîtement est par

définition l'inclusion d'un bloc d'information dans un registre plus important ce qui, si l'on n'y portait remède, provoquerait un comptage parasite dans les circonstances présentes.

On satisfait à la condition ci-dessus en utilisant un multivibra-
5 teur basculeur 105 du type RS (à position de travail et de repos)
qui reçoit par le conducteur 108 ses signaux d'entrée des détecteurs
103 de niveaux positif et négatif. L'impulsion de verrouillage qui
existe pendant la génération d'une série de guichets est appliquée
par le conducteur 110 au circuit de sélection formateur d'impulsions ;
10 l'onde rectangulaire émise par ce circuit empêche l'application du
signal de sortie du détecteur de niveau négatif au générateur 105
en présence d'une impulsion de verrouillage. De plus, le front arrière
de l'impulsion de verrouillage est compté par le registre de totali-
sation puisque ce front ne peut exister que si une particule a été
15 acquise et une série de guichets a été engendrée.

Le générateur 115 de découpage, dénommé parfois sélecteur d'am-
plitude ou écrêteur limiteur, transmet seulement la partie du signal
arrivant par 117 en passant par le conducteur 108 qui est comprise
entre les limites positives et négatives des amplitudes.

20 L'impulsion de synchronisation arrivant par 118 en provenance de
l'analyseur A (figure 1) est appliquée à un transistor approprié,
par exemple du type 2N3903 faisant partie du générateur découpeur 115,
transmise à un amplificateur séparateur non représenté, inversée
deux fois dans un onduleur hexaphasé puis transmise à une chaîne de
25 multivibrateurs monostables.

Ces derniers sont montés de telle manière que deux d'entre eux
qui engendrent des impulsions de 0,333 ms soient centrés de part et
d'autre du point milieu de la sinusoïde de balayage (figure 4). Les
deux impulsions dont il vient d'être question sont appliquées à un
30 circuit réunion. Le signal de sortie de ce circuit est transmis à
l'entrée, remise au zéro, du multivibrateur 105 ce qui permet de
faire osciller les fronts arrière des impulsions. Par conséquent, le
front arrière est engendré, soit par l'impulsion provenant du décou-
peur, soit par le front arrière de l'impulsion de verrouillage, si
35 l'une d'elles est présente et, si toutes les deux sont présentes, par
celle qui apparaît en dernier. Par conséquent, si une particule est
présente à la fin de la période de fonctionnement de l'amplificateur

découpeur, le signal provenant de cet amplificateur est maintenu jusqu'à ce que ladite impulsion se soit terminée et ait été mesurée.

L'impulsion engendrée par la particule et les séries d'impulsions de guichet sont appliquées à une série de circuits intersection-négation 119 dont les signaux de sortie sont transmis par un conducteur 122 aux entrées des chaînes de compteur binaire 125 dénommées registres 1, 2, 3, 4 et 5 sur la figure 5 et, par un conducteur 127, à un registre de totalisation 128 (4095).

Quand les registres sont amenés au zéro par une impulsion appliquée en 131, leurs sorties sont toutes à l'état logique 1 sauf pour le registre de totalisation dont le premier chiffre binaire, ou "bin", est ramené à l'état 1, tandis que tous les autres sont ramenés à l'état zéro, augmentant ainsi son compte d'une unité. Le signal de sortie du registre totalisateur est appliqué à l'entrée du multivibrateur bistable JK 133. Par conséquent, quand un comptage de 4095 est accumulé par le registre totalisateur, il est ramené entièrement à l'état zéro et déclenche l'émission d'un signal de sortie par le multivibrateur JK 133. Ce signal de sortie est appliqué à une porte appropriée, non représentée, pour arrêter le fonctionnement du compteur. Dans ces conditions, le registre totalisateur est entièrement à l'état zéro tandis que les registres 1, 2, 3, 4 et 5 sont dans des états indiquant le nombre d'impulsions de particules accumulées, dont la durée est inférieure ou égale au guichet temporel associé, mais en code binaire inversé.

Les autres références de la figure 5 ont les significations ci-après :

150 = réglage du gain ; 151 = impulsion de porte ; 152 = durée d'une impulsion de particules ; 153 = démarrage ; 154 = comptage total ; 155 = ajustement du niveau négatif ; 156 = ajustement du niveau positif ; 157 = signaux de sortie du registre ; code binaire à douze chiffres.

Le fonctionnement de l'ensemble est le suivant :

1. Le sous-ensemble électronique (voir A figure 1) est raccordé au secteur d'alimentation par un interrupteur "marche-arrêt" (non représenté).

2. On fait démarrer le laser en appliquant, par un interrupteur approprié, la tension de déclenchement spécifiée.

3. L'échantillon est introduit à la concentration de 1,5 % en poids et avec un débit entre 20 et 40 l/mn environ.

4. Pour réaliser manuellement un comptage, le dispositif de retour à zéro 131 est mis en action par un bouton-poussoir et ensuite on enfonce un bouton-poussoir "démarrage" du sous-ensemble électronique. Le système doit compter jusqu'à un total de 4095 et ensuite s'arrêter automatiquement. Le comptage dans chacun des registres 1 à 5 est maintenu sous forme binaire pour la lecture avec un voltmètre ou l'ensemble desdits compteurs peut être connecté à un ensemble de lecture numérique par un ensemble de multiplexage approprié. Ces opérations sont recommencées pour chaque nouveau comptage.

5. Pour réaliser une itération automatique du cercle démarrage-retour à zéro, on peut appliquer à l'ensemble des signaux de commande appropriés. Avec ce mode de fonctionnement, un système de lecture automatique est nécessaire pour lire et mémoriser, ou pour afficher les comptages dans chaque registre.

Bien entendu diverses modifications peuvent être apportées par l'homme de l'art aux dispositifs et procédés qui viennent d'être décrits, uniquement à titre d'exemples non limitatifs, sans sortir du cadre de l'invention.

70 43571

2072874

-14-

REVENDICATIONS

1. Appareil pour analyser la distribution de particules solides en suspension dans un milieu fluide et classer les particules en plages de dimensions et déterminer leurs quantités dans chaque plage, caractérisé en ce qu'il comprend une chambre comportant au moins deux parois opposées transparentes, ladite chambre ayant un orifice d'entrée et un orifice de sortie, ladite chambre ayant un orifice d'entrée et un orifice de sortie à une conduite dans laquelle le milieu fluide circule afin d'extraire un échantillon avec un débit prédéterminé, le trajet du courant fluide dans la chambre ayant une direction prédéterminée, une source destinée à émettre un faisceau de lumière qui traverse lesdites parois et ledit milieu, un dispositif pour animer ledit faisceau d'un mouvement de balayage alternatif en travers du milieu mobile et sensiblement à angle droit par rapport à la direction du courant, un dispositif photographique placé de manière à être excité par le faisceau après transmission de ce dernier à travers ledit milieu afin d'émettre un train d'impulsions de sortie contenant des informations indiquant les dimensions et la distribution des particules et un circuit réagissant au signal de sortie dudit dispositif photoélectrique afin de classer les impulsions en groupes correspondant aux plages choisies.
2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que la source de lumière est monochromatique.
3. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite source est un laser.
4. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que la direction de l'écoulement est verticale et la direction du balayage est horizontale.
5. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif déplaçant le faisceau crée un mouvement de balayage sensiblement sinusoïdal.
6. Appareil selon la revendication 5, caractérisé en ce que le dispositif de classement est agencé de manière à utiliser une partie linéaire du cycle d'exploration.
7. Appareil selon la revendication 6, caractérisé en ce que le dispositif de comptage contient des organes de sélection, le

dispositif déplaçant le faisceau comporte les moyens nécessaires pour engendrer un signal de synchronisation destiné à déclencher et arrêter le fonctionnement des organes de synchronisation, afin d'extraire la partie linéaire du cycle de balayage.

5 8. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de classement comprend un sous-ensemble pour calculer la moyenne statistique de la distribution et des dimensions des particules.

9. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que
10 ledit dispositif déplaçant le faisceau comporte un miroir oscillant destiné à recevoir la lumière incidente du faisceau et un mécanisme pour faire osciller ledit miroir à la fréquence et l'amplitude de balayage, le faisceau de lumière réfléchi contribuant à former la tache du spot d'exploration.

15 10. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un système optique ou une lentille convergeant entre la source de lumière et le dispositif déplaçant le faisceau, de manière à réaliser un spot d'exploration concentré en un point se trouvant dans un plan parallèle à la direction d'écoulement et sensiblement
20 à mi-distance desdites parois.

11. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de classement comporte des organes de comptage des impulsions et d'enregistrement du nombre de celles-ci dans chaque groupe.

25 12. Appareil selon la revendication 10, caractérisé en ce que le dispositif de classement comporte des éléments destinés à distinguer les particules.

13. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'aire de la section transversale du milieu fluide traversant la
30 chambre est déterminée par la configuration de ladite chambre de manière que ledit milieu passe à proximité du spot de balayage sous forme d'une couche mince.

14. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit dispositif déplaçant le faisceau comporte un miroir, un diapason auquel est fixé ledit miroir et un sous-ensemble pour faire
35 vibrer le diapason à la fréquence de balayage.

15. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il

comprend un système optique placé entre le faisceau et le dispositif déplaçant le faisceau de manière à créer un spot dont les dimensions sont définies par la diffraction.

16. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que
5 les circuits réagissant aux signaux de sortie comportent des composants électriques destinés à écrêter les impulsions de manière à limiter leur tension à une valeur prédéterminée.

17. Appareil selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il
10 comprend dans son circuit de sortie les moyens nécessaires pour mettre hors d'action le dispositif de comptage après acquisition du front avant d'une impulsion engendrée par une pellicule afin d'éviter que les particules adjacentes ne donnent naissance à des impulsions parasites.

18. Procédé de mesure de la répartition des particules en sus-
15 pension dans un milieu fluide en fonction du temps, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations ci-après : prélever un échantillon dudit milieu, faire passer continûment l'échantillon à travers une chambre délimitée en partie par deux parois transparentes opposées, faire passer un faisceau lumineux à travers les parois
20 et l'échantillon, concentrer ledit faisceau en un spot, communiquer audit spot un mouvement oscillatoire dans un plan sensiblement perpendiculaire à la direction du courant de fluide passant par la dite chambre, traduire les variations d'intensité de la lumière transmise, provoquées par la distribution constamment changeante des
25 particules que l'écoulement de l'échantillon met en évidence, par des impulsions de tension, analyser lesdites impulsions pour déterminer leur amplitude et leur périodicité, répartir les impulsions en plusieurs groupes de dimensions prédéterminées et emmagasiner le comptage pour chaque groupe.

30 19. Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce que la vitesse de balayage est nettement supérieure à la vitesse d'écoulement de l'échantillon à travers la chambre.

20. Procédé de mesure de la distribution de particules en suspension dans un milieu fluide en fonction du temps, caractérisé en
35 ce qu'il comprend les opérations ci-après : prélever un échantillon dudit milieu, faire passer continûment l'échantillon par une chambre partiellement délimitée par deux parois transparentes opposées,

faire passer un faisceau de lumière à travers les parois et l'échantillon, concentrer le faisceau en un spot, communiquer audit spot un mouvement oscillatoire sensiblement sinusoïdal dans un plan sensiblement perpendiculaire à la direction d'écoulement dans la
5 chambre, traduire les variations d'intensité de la lumière transmise, occasionnées par la distribution constamment changeante des particules que l'écoulement de l'échantillon met en évidence par des impulsions modulant l'onde sinusoïdale représentant le déplacement sinusoïdal, analyser l'amplitude de la périodicité des impulsions, tirer les impulsions en plusieurs groupes de dimensions pré-
10 déterminées, et emmagasiner le comptage dans chaque groupe.

21. Procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce qu'on utilise pour ladite analyse uniquement une partie sensiblement linéaire de l'onde sinusoïdale modulée.

15 22. Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce que le débit en volume de l'échantillon est constant et en ce que le tri des impulsions est effectué en fonction du nombre de particules par unité de volume de l'échantillon.

20 23. Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce que le spot, dont les dimensions sont définies par la diffraction, se trouve dans le plan médian vertical de l'échantillon qui s'écoule, plan qui est sensiblement perpendiculaire à la position moyenne du faisceau concentré en ledit spot.

FIG. 1

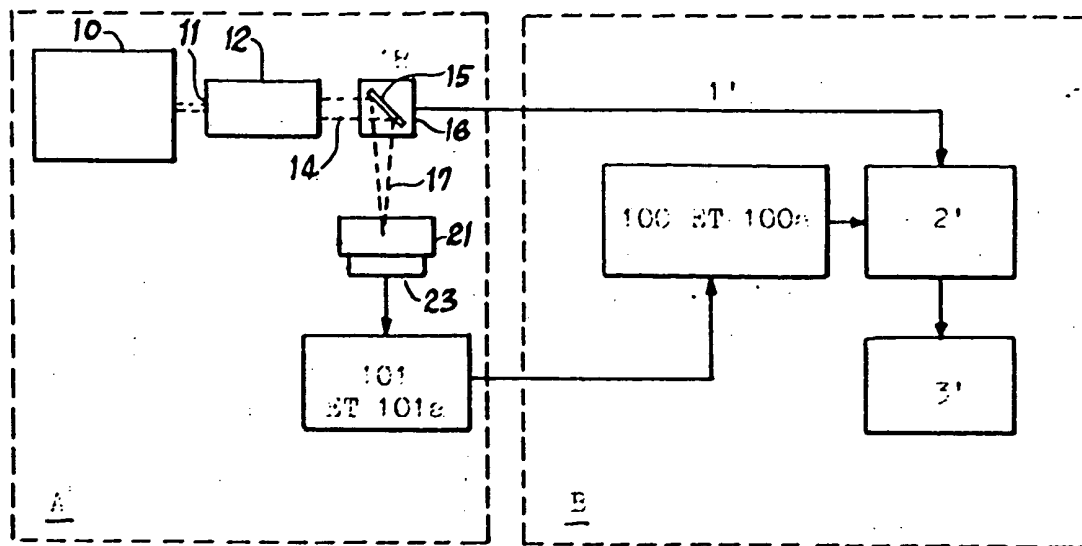


FIG. 2

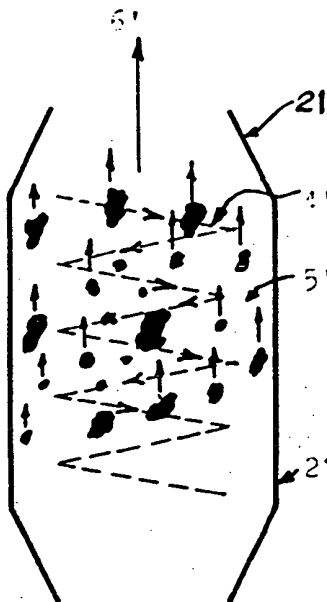


FIG. 3

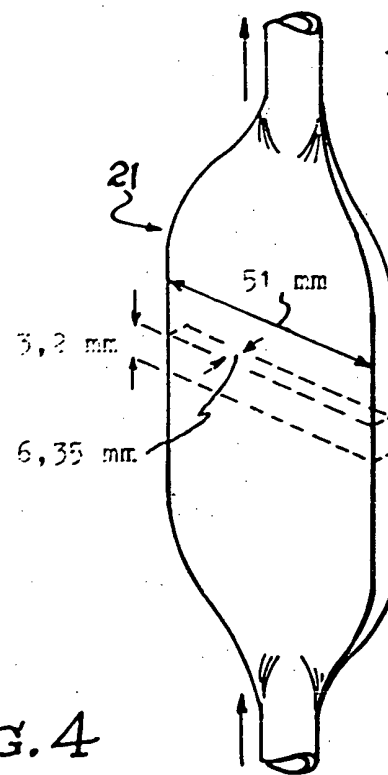


FIG. 4

